



1ª Prova de EDI-38 Concreto Estrutural I

Prof. Flávio Mendes Neto

Setembro de 2016

Absolutamente sem consulta.

A interpretação das questões faz parte da prova.

Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos.

Sugere-se utilizar até 1 hora e 15 minutos para esta parte da prova.

PARTE TEÓRICA

1ª Questão Explique os critérios de resistência impostos às seções de concreto armado no Estado Limite Último. Comente, ainda, sobre a necessidade de imposição de um limite de linha neutra em alguns tipos (quais?) de problemas e em outros não (por quê?).

2ª Questão Considerando o diagrama não-linear do concreto, explique a necessidade de redução da tensão máxima de projeto para $0,85 f_{cd}$ e não, simplesmente, f_{cd} . O mesmo argumento se aplica, qualitativamente, à tensão máxima do bloco retangular de tensões?

3ª Questão Quais as diferenças, considerando problemas de Flexão Normal Simples com armadura simples (dimensionamento ou verificação), na utilização de armaduras com diferentes bitolas (diâmetros) e números de barras, supondo que a área total de armadura A_{st} seja mantida inalterada?

4ª Questão Com relação às hipóteses de cálculo, não há uma contradição entre a distribuição de deformações na seção transversal ser linear e o fato de a seção transversal ser indeformável?

5ª Questão Uma alteração na origem do sistema de coordenadas que define a seção transversal alteraria a equação de equilíbrio de forças ou de momentos?

Questão	1	2	3	4	5
Valor	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0

Alguns resultados e comentários

1ª Questão Além da “listagem” dos critérios de resistência, que podem ser confundidos com os polos de ruína ($10^{\circ}/\sigma$, ε_{cu} e ε_{c2}), era esperada uma explicação da motivação e uso destes critérios. A questão da ductilidade do equilíbrio da seção, evitando a insegurança de uma ruptura frágil, também deveria ser abordada e eventualmente aprofundada, inclusive com a consideração da solicitação física não ser, sempre, consistente com eventuais limitações “obrigatórias” de profundidade de linha neutra. Considera-se completamente desnecessária a citação de hipóteses ou fatos gerais não relacionados à questão propriamente.

2ª Questão A principal explicação é o “efeito Rüschi” que confronta a maturação e a fluência do concreto, fenômenos reológicos que interferem no comportamento estrutural de longo prazo do material. Há, entretanto, outras considerações que explicam o fator final 0,85 (embora não fossem esperados os termos específicos, a ideia geral seria bem-vinda). O bloco retangular de tensões, por sua vez, é uma simplificação do diagrama não-linear objetivando resistência equivalente e, portanto, os fatores eventualmente existentes não são gerados intrinsecamente pelo “efeito Rüschi” mas sim pela precisão da aproximação obtida com a estática dos esforços internos.

3ª Questão A questão objetivava, naturalmente, o equacionamento dos problemas típicos (dimensionamento e verificação), e não digressões sobre temas ainda não estudados na disciplina (regras de detalhamento, custos pormenorizados das armaduras, cobrimentos etc.). A primeira questão, fundamental, seria a da preservação da simetria das distribuições de barras. Se não houver simetria (da seção de concreto armado, de fato), o assunto ainda não pode ser discutido e qualquer comentário é especulativo. *Ceteris paribus*, não há qualquer diferença no equacionamento teórico de seções com armaduras de bitolas diferentes (desde que a área, teórica, e seu posicionamento sejam preservados) por conta de a armadura ser, de fato, considerada concentrada em seu CG.

4ª Questão Não há qualquer contradição na medida em que a hipótese de Euler-Navier-Bernoulli admite a seção transversal indeformável e a descrição da relação deformação-deslocamento, por conta da utilização da medida de deformação técnica (ou de Engenharia, $\Delta\ell/\ell_o$), acaba por gerar uma distribuição linear de deformações. Quem é deformável é a barra, não as seções transversais em si.

5ª Questão Uma alteração no sistema de coordenadas não alteraria, fisicamente, o equilíbrio da seção, tanto de forças quanto de momentos. As expressões dos termos das equações, entretanto, seriam alteradas, inclusive o valor do momento fletor solicitante M_d , por se tratar de uma grandeza polar. A falha ao reconhecer esta última alteração em particular obriga ao reconhecimento da necessidade de um equilíbrio diferente, o que entraria em contradição com a afirmação inicial.



1ª Prova de EDI-38 Concreto Estrutural I

Prof. Flávio Mendes Neto

Setembro de 2016

Consulta livre (menos a seres humanos, próximos ou distantes), utilização de softwares gerais liberada. Utilização de programas e planilhas previamente confeccionados pelo próprio aluno liberada (obrigatória a entrega de cópia eletrônica junto com a resolução).

A interpretação das questões faz parte da prova.

Justifique cientificamente suas afirmações e comente, criticamente, todos os resultados obtidos. Faça sempre um esboço da armadura, mostre a linha neutra e calcule o custo total (concreto, aço e formas) de 1 m de viga, suposta constante.

Parte prática: duração máxima de 3 horas.

PARTE NUMÉRICA

Considere os seguintes dados:

- Coeficiente de ponderação das ações: $\gamma_F = 1,40$.
- Aço CA-60 ($f_{yk} = 600$ MPa; $\gamma_s = 1,15$; $E_s = 210$ GPa).
- Considere que uma camada qualquer possa ter barras com os seguintes diâmetros: 10,0; 12,5; 16,0; 20,0; 25,0; 32,0 e 40,0 mm. Cada camada só tem barras de um mesmo diâmetro. O diâmetro escolhido não precisa ser o mesmo para todas as camadas.
- Concreto C75 com diagrama não-linear ($f_{ck} = 75$ MPa, $\sigma_{cd} = 0,85 f_{ck}/\gamma_c$ e $\gamma_c = 1,40$).
- Considere que o d' da armadura seja sempre de 0,05 m (distância entre a superfície da peça e o CG da camada de barras mais próxima).
- Seção retangular com base $b = 0,18$ m e altura total $h = 0,36$ m.
- Custo do concreto (R\$ por m^3): 251,33.
- Custo da forma (por m^2): R\$ 30,68.
- Custo da armadura (por kg): R\$ 3,50.
- Se precisar transformar unidades de força, utilize a equivalência 1 kgf = 10 N (equivalente a considerar a aceleração da gravidade de 10 m/s^2).

6ª Questão Calcule o maior momento fletor que pode ser aplicado à seção (em kN·m) considerando:

- Armadura inferior de $2\phi 25$.
- Armadura inferior de $2\phi 32$ e armadura superior de $2\phi 10$.

7ª Questão Considere que a seção esteja submetida a um momento fletor de 107 kN·m. Pede-se:

- Dimensione a(s) área(s) de armadura(s) necessária(s).
- Supondo que se force a armadura de compressão a ser igual à de tração ($A_{sc} = A_{st}$), dimensione as áreas de armaduras de tal forma que o custo total (concreto, aço e formas) seja mínimo.

Questão	6a	6b	7a	7b
Valor	1,0	1,5	1,0	1,5

Alguns resultados e comentários

6ª Questão

a) Problema clássico de verificação, armadura simples. Solução: $\kappa_x = 0,3310$ (Domínio 3) e $M_k = 100,03$ kN·m. Custo (teórico) R\$ 74,60.

b) Problema clássico de verificação, armadura dupla. Solução: $\kappa_x = 0,5043$ (Domínio 3, não satisfaz limite de ductilidade) e $M_k < 152,66$ kN·m (note o sinal de menor). Custo (teórico) R\$ 95,94.

7ª Questão

a) Problema clássico de dimensionamento. A tentativa com armadura simples resulta em $\kappa_x = 0,3579$ (Domínio 3, não satisfaz limite de ductilidade) e $A_{st} = 10,62$ cm². Custo (teórico) R\$ 76,78. Esta solução NÃO é adequada.

Resolvendo com armadura dupla, arbitrando-se a linha neutra em $\kappa_x = 0,35$ (limite de ductilidade) ou, da mesma maneira, minimizando a área total de armadura (considerando o limite) obtem-se a mesma solução, chega-se em $A_{sc} = 0,37$ cm² e $A_{st} = 10,59$ cm², totalizando $A_{st} + A_{sc} = 10,96$ cm² (um pouco acima da simples). Custo (teórico) R\$ 77,71.

b) Problema de dimensionamento, sem espaço para otimização, ou seja, o sistema de equações deveria ser, simplesmente, resolvido. Solução $\kappa_x = 0,2349$ (Domínio 3) e $A_{sc} = A_{st} = 10,40$ cm². Custo (teórico) R\$ 104,49.